

Depth profiling of the skin in the near infrared region: Comparison with a Monte Carlo simulation

남기봉

한림대학교 전자물리학과

우영아, 안지원, 김효진

동덕여자대학교 약학대학 약학과

kbnahm@hallym.ac.kr

빛은 인체 조직 내를 다중산란 과정을 통하여 전달되며, 전파과정에서 피하 조직들과 다수의 상호작용을 되풀이하기 때문에, 인체를 지나온 빛에는 조직 구성 물질에 대한 정보가 다량 함유되어 있다. 따라서 피부 내부를 통과한 빛을 이용하여 이러한 정보를 얻고자 하는 노력은 그 실용적 가치가 크기 때문에 많은 연구의 대상이 되어 왔다. 가장 대표적인 성과로는 혈중 산소포화도 측정기기를 들 수 있다. 그러나 이러한 정보의 내재적 가치에도 불구하고 인체와 피하 조직은 전자기적인 관점에서 볼 때 인체는 명확한 경계조건이나 초기조건 등을 정의하기가 대단히 어려운 복잡계의 대표적인 예이다. 광학적 안목으로 보아도 인체는 눈을 제외하고는 빛과 수학적 방법론을 통한 연관을 맺어주기 어려운 광 매질이다. 따라서 이러한 종류의 문제는 통계학적 접근법으로 다루는 것이 합리적이며, 이러한 상황에 적합한 방법론 중에 가장 유용하게 사용되는 것이 Monte Carlo 기법이다.

본 연구에서는 피부 내부로 빛이 투과 할 수 있는 깊이를 측정하는 실험을 수행하고 이를 Monte Carlo 모사실험과 비교하였다. 현재 피부 내부를 탐사하는 방법으로 가장 각광을 받는 기법은 OCT이며, 그 분해능과 측정 속도 등은 sub mm와 실시간 video rate정도까지 향상되어 있다. 본 연구에는 백색광원의 스펙트럼을 광섬유를 통하여 피부에 입사시키고, 반사된 빛 중에서 파장이 1100~2200nm 되는 NIR 대역의 스펙트럼을 분석하였다. 센서부분은 그림 1과 같은 구조로 구성하였는데, 광 송신 섬유와 수신 섬유 사이의 간격은 (중심-중심거리)는 0.33, 0.84 및 1.34mm 등으로 고정되어 있었으며, 섬유의 직경은 송수신 모두 0.3mm, NA=0.22이다.

측정은 3종의 센서를 시료 표면에서 수직방향 2mm 거리에 두고, 20W의 할로겐 광원이 내는 백색광의 빛을 렌즈와 적외선 필터를 통하여 송신섬유로 보내고, 수신 섬유에 입사한 빛들은 모두 한 섬유로 합친 뒤 오목형 회절격자와 photodiode로 구성된 NIR spectrometer로 보내어 그 스펙트럼을 기록하는 방식으로 수행하였다. 시료는

털을 제거한 쥐의 등에서 채취한 피부를 선정하였고, 두 두께는 1mm, 1.4mm 및 1.7mm의 세 가지를 사용하였다. 피부 아래 면에는 polypropylen 필름을 두어 물리적인 지지층의 역할과 동시에 이 필름이 내는 고유의 분광표식을 이용하여 측정된 광이 이 필름에서 반사한 것인지를 확인할 수 있도록 하였다.

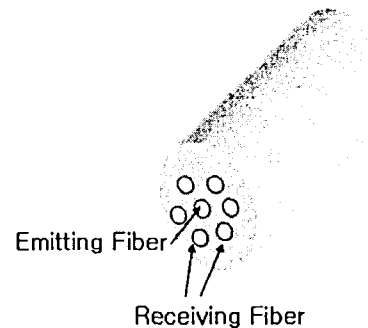


그림 1. 광섬유 센서 모식도

	두께 (mm)	Refractive index	Anisotropy factor	Absorption Coeff , 1/mm	Scattering Coeff.1/mm
Epidermis	0.07	1.4	0.9	0.15	13.6
Dermis	0.1	1.4	0.9	0.5	13.6
Subcutis	0, 0.4, 0.7	1.4	0.9	1	9.0

표 1. Monte Carlo 전산실험에 사용한 피부의 모델과 광학상수

Monte Carlo 전산실험은 TracePro 3.3 (Lambda Research Co, US)를 이용하였다. 그림 2에는 이 SW를 이용하여 구성된 피부 모델과 입사한 광자 중 다중 산란을 겪은 뒤에 수신 광섬유에 이른 광자들만을 보인 것이다.



그림 2. Monte Carlo 실험 모델과 결과

모사실험 결과는 실측치와 일부 유의성이 있는 것으로 판단되었는데, 그림 3에 보인 바와 같이 시료의 두께가 얇을수록, 그리고 송수신 섬유 사이의 거리가 짧을수록 강한 신호를 예상할 수 있으나, 이 변수들의 특정한 조합, 예를 들어 두께 1.5mm, 거리 0.33mm 등, 의 경우에는 예를 들어 두께에서는 오히려 신호세기가 거리가 0.84mm 인 경우보다 신호가 약하게 됨을 관찰할 수 있다. 실측에 의한 결론후 meeting에서 소개하기로 한다.

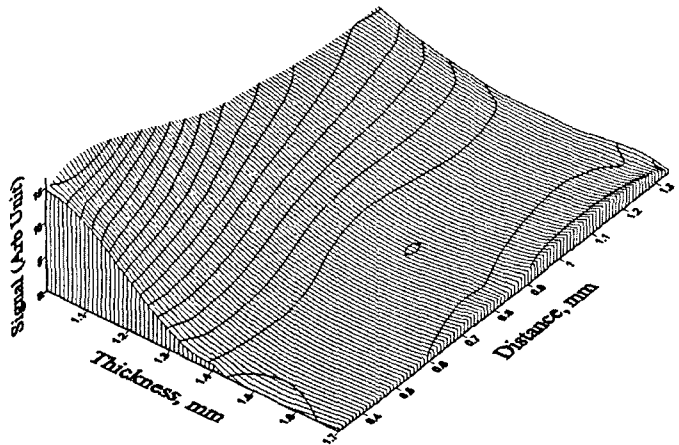


그림 3. Monte Carlo 실험에 의한 수광신호의 상대적 세기. 피부 두께 및 송수신 섬유 간격에 대한 결과임

FE